

541, 298

10/541298

Rec'd PCT/PTO 30 JUN 2005

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
22. Juli 2004 (22.07.2004)

PCT

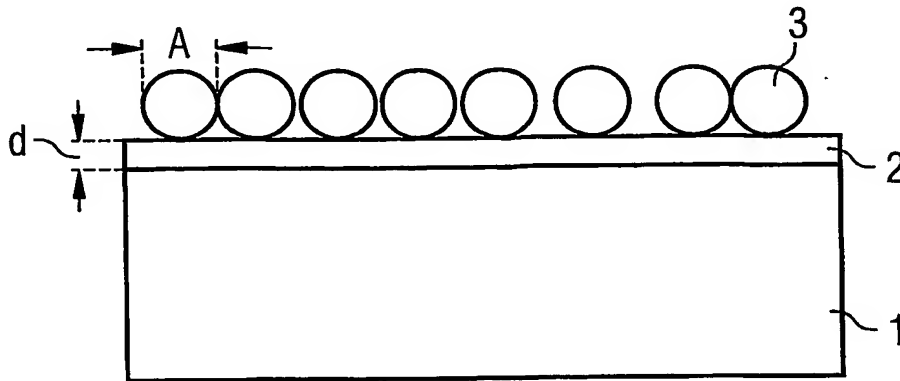
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/061980 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: H01L 33/00, G03F 7/00, H01L 21/311
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/004197
- (22) Internationales Anmeldedatum:
18. Dezember 2003 (18.12.2003)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
102 61 426.1 30. Dezember 2002 (30.12.2002) DE
103 06 779.5 18. Februar 2003 (18.02.2003) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE/DE]; Wernerwerkstr. 2, 93049 Regensburg (DE).
- (72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): WINDISCH, Reiner [DE/DE]; Schwabelweiser Weg 35, 93059 Regensburg (DE). WIRTH, Ralph [DE/DE]; Herzog-Ludwig-Strasse 12, 93186 Pettendorf-Adlersberg (DE). ZULL, Heribert [DE/DE]; Charles-Lindbergh-Strasse 6, 93049 Regensburg (DE).
- (74) Anwalt: EPPING HERMANN FISCHER PATENTANWALTSGESELLSCHAFT MBH; P.O. Box 200734, 80007 Munich (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (national): CN, JP, US.
- (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).
- Veröffentlicht:
— mit internationalem Recherchenbericht

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR ROUGHENING A SURFACE OF A BODY, AND OPTOELECTRONIC COMPONENT

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM AUFRAUHEN EINER OBERFLÄCHE EINES KÖRPERS UND OPTOELEKTRONISCHES BAUELEMENT



(57) Abstract: The invention relates to a method for roughening a surface of a body (1), comprising the following steps: coating the surface with a mask layer (2); applying pre-shaped mask bodies (3) to the mask layer (2); etching though the mask layer at locations that are not covered by mask bodies (3), and; etching the body (1) at locations of its surface that are not covered by the mask layer (2). The invention also relates to an optoelectronic component. By using the mask layer (2) as an additional auxiliary mask, methods having a low selectivity with regard to polystyrene balls can be used for etching.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Aufrauen einer Oberfläche eines Körpers (1), mit folgenden Schritten: Beschichten der Oberfläche mit einer Maskenschicht (2), Aufbringen von vorgeformten Maskenkörpern (3) auf der Maskenschicht (2), Durchätzen der Maskenschicht an von Maskenkörpern (3) unbedeckten Stellen, Ätzen des Körpers (1) an von der Maskenschicht (2) freien Stellen seiner Oberfläche. Ferner betrifft die Erfindung ein optoelektronisches Bauelement. Durch die Verwendung der Maskenschicht (2) als zusätzliche Hilfsmaske können Verfahren mit niedriger Selektivität gegenüber Polystyrolkugeln zum Ätzen verwendet werden.

WO 2004/061980 A1



— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Beschreibung

Verfahren zum Aufrauen einer Oberfläche eines Körpers und optoelektronisches Bauelement

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Aufrauen einer Oberfläche eines Körpers, wobei das Aufrauen mittels Ätzen erfolgt.

10 Aufgerauhte Oberflächen können insbesondere im Zusammenhang mit lichtemittierenden Dioden (LED) vorteilhaft eingesetzt werden. Der Grund hierfür ist die Lichtauskopplung aus dem Halbleiterkörper, der die Grundlage für die LED bildet. Hier liegt im allgemeinen ein hoher Brechungsindexsprung vor, wo-
15 bei der Brechungsindex des Halbleitermaterials typischerweise $n = 3,5$ beträgt. Das den Halbleiterkörper umgebende Harz hat einen Brechungsindex, der typischerweise $n = 1,5$ beträgt. Hieraus resultiert ein hoher Brechungsindexsprung für aus dem Halbleiterkörper austretende Strahlung. Es ergibt sich daraus
20 ein kleiner Totalreflexionswinkel gegen die Harzumgebung, der ca. 26° beträgt. Dieser Totalreflexionswinkel führt dazu, daß nur ein Bruchteil des im Halbleiterkörper erzeugten Lichts ausgekoppelt werden kann. In der typischerweise bei der Herstellung verwendeten einfachen würfelförmigen Gestalt der LED
25 bleibt ein Strahl, der nicht in den ca. 26° weiten Auskoppelkegel emittiert wird im Halbleiterkristall gefangen, da sein Winkel zu den Oberflächennormalen auch durch vielfache Flexion nicht verändert werden kann. Der Lichtstrahl wird infolgedessen früher oder später durch Absorption vor allem im Be-
30 reich des Kontakts, der aktiven Zone oder auch im Substrat verloren gehen.

Eine Aufrauung der Oberfläche des Halbleiterkörpers kann nun vorteilhaft dafür eingesetzt werden, Strahlen die außerhalb
35 des Auskoppelkegels propagieren in einen solchen zu streuen. Dies ist vor allem bei LED-Chips mit transparentem Substrat oder effektivem Spiegel unter der aktiven Zone, insbesondere

auch bei Dünnschicht-LEDs, von Interesse. Diese Vorteile gelten auch bei organischen LEDs.

Aus der Druckschrift US 3,739,217 ist es bekannt, daß die Auskopplung von Licht aus Gallium-Phosphid-Kristallen durch Aufrauen der Oberfläche verbessert werden kann.

Aus der Druckschrift R. Windisch et al., „40 % Efficient Thin-Film Surface-Textured Light-Emitting Diodes by Optimization of Natural Lithography“, IEEE Transactions on Electron Devices, Vol. 47, No. 7, 2000, p 1492 - 1498, ist es bekannt, Halbleiterkörper auf der Basis von Aluminium-Gallium-Arsenid aufzurauen, um die Auskopplung von Licht aus dem Halbleiterkörper zu verbessern. Dabei wird ein im folgenden beschriebenes Verfahren zum Aufrauen verwendet. Auf die Oberfläche des Halbleiterkörpers werden Kugeln aus Polystyrol aufgebracht. Diese können beispielsweise auf einer Wasseroberfläche in einer Monolage präpariert werden und dann auf die Oberfläche des Halbleiterkörpers durch Eintauchen transferiert werden. Nach dem Trocknen des Wassers haften die Kugeln auf der Oberfläche des Körpers. Anschließend wird die Oberfläche trocken-geätzt, wodurch an den Orten der Kugeln Säulen stehen bleiben und der Raum zwischen den Säulen durch den Trockenätzprozeß vom Halbleiterkörper weggeätzt wurde.

Dieses bekannte Verfahren zum Aufrauen der Oberfläche eines Körpers hat den Nachteil, daß es zur Anwendung bei Halbleiterkörpern aus dem Material Aluminium-Gallium-Indium-Phosphid oder Aluminium-Gallium-Indium-Nitrid nicht geeignet ist. Der Grund hierfür liegt darin, daß die verwendeten Trockenätzverfahren eine zu geringe Selektivität hinsichtlich der Polystyrol-Kugeln aufweisen. Dies bedeutet, daß der Halbleiterkörper nur sehr langsam im Vergleich zu den Kugeln geätzt wird, weswegen die als Ätzmaske dienenden Kugeln bereits zu einem sehr frühen Zeitpunkt des Ätzprozesses, wo nur eine sehr geringe Strukturtiefe in die Oberfläche des Körpers geätzt wurde, verschwunden sind. Dies hat zur Folge, daß das nötige Ätztie-

fe-zu-Strukturbreite-Verhältnis von 0,25 bis 5 nicht erreicht werden kann. Dieses Verhältnis wird benötigt, um die Auskopp-
lung von Licht aus dem Halbleiterkörper effizient zu verbesser-
n.

5

Es ist dabei Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zum Aufrauen einer Oberfläche eines Körpers anzugeben, das für viele verschiedene Materialien geeignet ist.

- 10 Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren nach Patentanspruch 1. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens sind den abhängigen Patentansprüchen zu entnehmen.

Die Erfindung macht sich die Grundidee zu nutze, wonach das
15 Problem der Selektivität der verwendeten Ätzverfahren entschärft werden kann, indem neben der Maskierung durch die Polystyrolkugeln noch eine weitere Hilfsmaske verwendet wird. Diese Hilfsmaske besteht aus einem Material, das sowohl
20 verschieden von dem Material des zu ätzenden Körpers als auch verschieden von dem Material der Kugeln ist. Mit Hilfe dieser zusätzlichen Maske kann der Ätzprozeß in zwei Schritte unterteilt werden, wobei in einem ersten Schritt die Struktur der
auf der Oberfläche angeordneten Kugeln in die Hilfsmaske übertragen wird. In einem zweiten Schritt wird nun die Struktur
25 der Hilfsmaske in die Oberfläche des zu ätzenden Körpers übertragen.

Indem neben den Kugeln noch ein weiteres Material als Maske beteiligt ist, steht eine viel größere Auswahl von Material-
30 kombinationen zur Verfügung, wobei hier die Prozesse hinsichtlich einer erhöhten Selektivität zwischen dem Maskenmaterial und dem zu ätzenden Material optimiert werden können. Beispielsweise gibt es Ätzverfahren, welche für eine bestimmte Materialkombination von Kugeln und zu ätzendem Körper ungeeignet sind. Diese Ätzverfahren können jedoch für die
35 Durchführung des ersten Ätzschritts nach dem jetzt zweischrittigen Ätzverfahren verwendet werden. Darüber hinaus

ist es nun möglich, den aufzurauhenden Körper mittels eines Verfahrens zu ätzen, das nicht notwendigerweise gegenüber den auf der Oberfläche liegenden Kugeln selektiv zu sein braucht. Vielmehr genügt es, wenn das zweite Ätzverfahren eine hohe Selektivität im Hinblick auf das Material der Hilfsmaske einerseits und im Hinblick auf den zu ätzenden Körper andererseits aufweist.

Es wird ein Verfahren zum Aufrauen einer Oberfläche eines Körpers angegeben, das die folgenden Schritte umfaßt:

In einem ersten Schritt wird die Oberfläche des Körpers mit einer Maskenschicht beschichtet.

In einem darauf folgenden Schritt werden auf die Maskenschicht vorgeformte Maskenkörper aufgebracht.

In einem darauf folgenden Schritt wird die Maskenschicht durchgeätzt und zwar an Stellen, die von Maskenkörpern unbedeckt sind.

In einem darauf folgenden Schritt wird der Körper geätzt an Stellen seiner Oberfläche, die von der Maskenschicht freigelegt sind.

Das Verfahren hat den Vorteil, daß durch das Einbringen einer weiteren Ätzmaske der Ätzvorgang in zwei Schritte aufgespalten werden kann, wobei ein Ätzverfahren, das den Körper sehr selektiv gegenüber den vorgeformten Maskenkörpern ätzt nicht mehr benötigt wird. Vielmehr kann durch Variation der Materialien der Maskenkörper und der Maskenschicht ein breites Spektrum an möglichen Ätzverfahren der Eignung zugeführt werden, d.h., daß ein breiteres Spektrum an Ätzverfahren für den Ätzvorgang in Betracht kommt.

In einer Ausführungsform des Verfahrens enthält der Körper Aluminium-Gallium-Indium-Phosphit (AlGaInP). Dieses Halblei-

termaterial wird vorteilhaft verwendet für Leuchtdioden, die im roten oder im blauen Spektralbereich emittieren. Wahlweise wird dieses Halbleitermaterial auf Siliziumcarbid oder auf einem Gallium-Arsenid-Substrat abgeschieden.

5

In einer anderen vorteilhaften Ausführungsform des Verfahrens enthält der Körper Aluminium-Gallium-Indium-Nitrid (AlGaInN). Auch dieses Material ist für Leuchtdioden im roten oder blauen Spektralbereich besonders gut geeignet.

10

In einer Ausführungsform des Verfahrens wird eine Maskenschicht aufgebracht, die aus einem Dielektrikum besteht. Als Dielektrika kommen beispielsweise in Betracht Si_xN_y , beispielsweise Si_3N_4 , SiON , SiO_2 , Al_2O_3 sowie weitere ähnliche Materialien. Vorzugsweise werden also Dielektrika für die Maskenschicht verwendet. Es können jedoch auch andere Materialien für die Maskenschicht geeignet sein. Entscheidend ist lediglich, daß sich das Material der Maskenschicht mit einem Ätzprozeß selektiv zu den Maskenkörpern ätzen läßt und daß sich der Körper mit einem weiteren, davon verschiedenen Ätzprozeß selektiv zur Maskenschicht ätzen läßt.

15

20

In einer Ausführungsform können für die vorgeformten Maskenkörper Kugeln aus Polystyrol verwendet werden. Aufgrund ihrer guten chemischen Stabilität und aufgrund der Möglichkeit, Polystyrol-Kugeln in großer Stückzahl mit einfachen und billigen Mitteln herstellen zu können, sind diese insbesondere für das hier beschriebene Verfahren als Maskenkörper geeignet.

25

Dabei können die Maskenkörper sowohl in Form einer zufälligen Anordnung als Monolage auf der Oberfläche der Maskenschicht aufgebracht werden als auch in Form einer regelmäßigen Anordnung.

30

In einer vorteilhaften Ausführungsform des Verfahrens werden die Ätzschritte mittels eines Trockenätzverfahrens durchgeführt. In Betracht kommen beispielsweise Verfahren wie reakt-

35

tives Ionenätzen (RIE = Reactive Ion Etching), Ionenstrahlätzen (IBE = Ion Beam Etching) sowie chemisches unterstütztes Ionenstrahlätzen (CAIBE = Chemical Assisted Ion Beam Etching) usw.

5

Beispielsweise kommt es auch in Betracht, als Trockenätzverfahren ein induktiv gekoppeltes Plasma-Ätzverfahren (ICP = Inductive Coupled Plasma) zu verwenden.

10 Trockenätzverfahren haben bei dem vorliegenden Verfahren den Vorteil, daß auf die Verwendung von Flüssigkeiten verzichtet wird, was die örtliche Stabilität der Maskenkörper erhöht, da keine Strömungen in einer Flüssigkeit auftreten können.

15 In einer vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens wird dieses so durchgeführt, daß in der Oberfläche des Körpers Strukturen stehen bleiben, für deren Breite b im Verhältnis zur Ätztiefe t gilt:

20 $0,1 < t/b < 10$.

Vorzugsweise wird das Verfahren so durchgeführt, daß gilt:

$0,25 < t/b < 5$.

25

Ein solches Tiefen-zu-Breiten-Verhältnis ist besonders vorteilhaft, um die Streuung an der Oberfläche von optischen Halbleiterkristallen zu verbessern, um die Auskopplung von Licht aus dem Kristall nach draußen zu verbessern.

30

Das genannte Ätztiefen-zu-Breiten-Verhältnis kann durch geeignete Wahl der Ätzprozesse sowie der Ausdehnung und dem Material der Maskenkörper erreicht werden.

35

In einer Variante des hier beschriebenen Verfahrens werden unmittelbar nach dem Durchätzen der Maskenschicht die Maskenkörper entfernt. In einer anderen Variante werden die Masken-

körper auf der Oberfläche der Maskenschicht gelassen, um dort als zusätzliche Ätzmaske während des zweiten Ätzprozesses zu dienen. Nach Ende der Ätzprozesse kann die Maskenschicht entfernt werden oder aber auch auf der Oberfläche des Körpers verbleiben.

Vorteilhafterweise wird das Verfahren so durchgeführt, daß die Äztiefe in den Körper zwischen 50 und 100 nm beträgt. Eine solche Äztiefe kann dadurch erreicht werden, daß ein Ätzprozeß mit einer geeigneten Selektivität zwischen der Maskenschicht und dem zu ätzenden Körper verwendet wird. Darüber hinaus muß auch die Ätzdauer geeignet gewählt werden, um die gewünschte Äztiefe zu erreichen.

Vorzugsweise wird bei dem hier beschriebenen Verfahren die Maskenschicht mit einer Dicke zwischen 10 und 100 nm aufgebracht. Hierbei ist eine Mindestdicke für die Maskenschicht erforderlich, da sie ansonsten nicht zuverlässig als Maskierung des Körpers dienen kann. Eine bestimmte Maximaldicke sollte jedoch wiederum auch nicht überschritten werden, um die für das Durchätzen der Maskenschicht erforderliche Zeitdauer in Grenzen zu halten.

Um das weiter oben bereits beschriebene Verhältnis von Äztiefe und Strukturbreite zu erreichen, ist es vorteilhaft, Maskenkörper zu verwenden, deren laterale Ausdehnung auf der Maskenschicht zwischen 150 und 300 nm liegt.

Das hier beschriebene Verfahren verwendet vorteilhaft für den ersten Ätzschritt einen Prozeß, der eine schlechte Selektivität hinsichtlich der Maskenkörper und des aufzurauhenden Körpers besitzt. Es ist dabei sogar daran zu denken, einen Prozeß zu verwenden, der die Maskenkörper stärker ätzt als den aufzurauhenden Körper, jedoch nur für den Fall, daß der Ätzprozeß hinsichtlich der Maskenschicht wiederum eine geeignete Selektivität aufweist.

Beispielsweise kann das Durchätzen der Maskenschicht mittels einer Anlage für reaktives Ionenätzen erfolgen.

Hierbei kann vorteilhafterweise ein Fluorprozeß zum Einsatz gelangen, wobei ein Gasgemisch von CHF_3 und Argon verwendet wird. Hierbei wird üblicherweise eine Standard-RIE-Anlage mit einem Parallel-Platten-Reaktor verwendet.

Der zweite Ätzschritt kann beispielsweise mittels einer ICP-Anlage durchgeführt werden, wobei als Ätzgas ein Gemisch aus CH_4 und H_2 verwendet wird.

Es wird darüber hinaus noch ein optoelektronisches Bauelement angegeben, das einen Halbleiterkörper aufweist. Dieser Halbleiterkörper enthält Aluminium-Gallium-Indium-Phosphit oder Aluminium-Gallium-Indium-Nitrid. Ferner ist die Oberfläche des Körpers strukturiert, wobei für die Breite der Strukturen im Vergleich zur Tiefe der Strukturen respektive der Ätztiefe gilt: $0,25 < t/b < 5$. Es wird darüber hinaus dasselbe Bauelement angegeben, wobei jedoch der Halbleiterkörper anstelle von Aluminium-Gallium-Indium-Phosphit Aluminium-Gallium-Indium-Nitrid enthält. Solche optoelektronischen Bauelemente, beispielsweise LED, können mit Hilfe des hier vorgestellten Verfahrens erstmals hergestellt werden. Die aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren sind zur Herstellung des hier beschriebenen Verhältnisses von t zu b nicht geeignet.

Dabei ist unter dem Begriff „Strukturen“ dasjenige zu verstehen, was nach dem Ätzen des Halbleiterkörpers aus dessen Oberfläche hervorragt. Die Breite dieser Strukturen könnte beispielsweise die Breite der in der Druckschrift R. Windisch et al., „40 % Efficient Thin-Film Surface-Textured Light-Emitting Diodes by Optimization of Natural Lithography“, IEEE Transactions on Electron Devices, Vol. 47, No. 7, 2000, p 1492 - 1498 beschriebenen Säulen oder Türme sein.

Im folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels und den dazugehörigen Figuren näher erläutert:

Figur 1 zeigt einen zu ätzenden Körper, auf den eine Maskenschicht und Maskenkörper aufgebracht sind.

Figur 2 zeigt den Körper aus Figur 1 nach dem ersten Ätzschritt.

Figur 3 zeigt den Körper aus Figur 2 nach dem zweiten Ätzschritt.

Figur 4 zeigt den Körper aus Figur 3 nach Entfernen der Maskenschicht.

Es wird darauf hingewiesen, daß alle Figuren 1 bis 4 eine schematische Querschnittsansicht darstellen. Es wird ferner drauf hingewiesen, daß gleiche Bezugszeichen gleiche Elemente oder wenigstens Elemente mit gleicher oder ähnlicher Funktion kennzeichnen.

Figur 1 zeigt einen Körper 1, der beispielsweise ein Halbleiterkörper sein kann. Auf einer Oberfläche des Körpers 1 ist eine Maskenschicht 2 aufgebracht. Die Maskenschicht 2 weist vorteilhafterweise eine Dicke d auf, die zwischen 10 und 100 nm liegt.

Auf die Maskenschicht 2 aufgebracht sind Maskenkörper 3, die in dem hier betrachteten Spezialfall zum einen eine Monolage bilden und zum anderen die Form von Kugeln haben. Die laterale Ausdehnung A der Kugeln beträgt dabei zwischen 150 und 300 nm. Es können aber auch Maskenkörper mit anderen Formen und anderen geeigneten Materialien verwendet werden.

In Figur 2 ist gezeigt, wie die Anordnung nach Figur 1 nach dem ersten Ätzschritt aussieht. Die Maskenschicht 2 ist an den Stellen, an denen sie von Maskenkörpern 3 unbedeckt ist,

durchgeätzt worden. Dementsprechend resultiert eine durchlöcherichte Maskenschicht 2, wobei auf der Oberfläche der Maskenschicht 2 noch immer Maskenkörper 3 angeordnet sind. Die Maskenkörper 3 sind jedoch durch im allgemeinen nicht vermeidbare Ätzungen etwas im Volumen reduziert gegenüber der Darstellung in Figur 1. Dies resultiert daraus, daß fast alle Ätzverfahren, die zum Ätzen der Maskenschicht 2 eingesetzt werden, immer auch, und sei es auch nur in einem sehr geringen Ausmaß, die Maskenkörper 3 ätzen.

10

Anschließend werden die Maskenkörper 3 auf der Oberfläche der Maskenschicht 2 entfernt. Dieser Schritt ist jedoch nicht zwingend, vielmehr ist es auch möglich, die Maskenkörper 3 auf der Oberfläche der Maskenschicht 2 zu belassen.

15

Figur 3 zeigt den Zustand der Anordnung nach Figur 1, wobei jedoch bereits der zweite Ätzschritt vonstatten gegangen ist. Dies bedeutet, daß die Oberfläche des Körpers 1 bereits Strukturen 4 aufweist. Auf der Oberfläche der Strukturen 4 sind noch die Reste der Maskenschicht 2 übriggeblieben.

20

Figur 4 zeigt die Anordnung nach Figur 3 nach dem Entfernen der Maskenschicht 2. Es resultieren Strukturen 4, deren Breite b im Verhältnis zur Ätztiefe t die folgende Bedingung erfüllen:

25

$$0,25 < t/b < 5.$$

Die Strukturen 4 können beispielsweise die Form von zylinderförmigen Türmchen haben.

30

Die Strukturen 4 können entweder regelmäßig entlang eines im Vorfeld durch die Anordnung der Maskenkörper 3 definierten Rasters positioniert sein. Die Strukturen 4 können jedoch auch zufällig über die Oberfläche des Körpers 1 verteilt sein.

35

Patentansprüche

1. Verfahren zum Aufrauhen einer Oberfläche eines Körpers
(1),

5 mit folgenden Schritten:

a) Beschichten der Oberfläche mit einer Maskenschicht (2)

b) Aufbringen von vorgeformten Maskenkörpern (3) auf der Maskenschicht (2)

10 c) Durchätzen der Maskenschicht (2) an von Maskenkörpern (3) unbedeckten Stellen

d) Ätzen des Körpers (1) an von der Maskenschicht (2) freien Stellen seiner Oberfläche.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

15 wobei der Körper (1) Aluminium-Gallium-Indium-Phosphit enthält.

3. Verfahren nach Anspruch 1,

20 wobei der Körper (1) Aluminium-Gallium-Indium-Nitrid enthält.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

wobei die Maskenschicht (2) aus einem Dielektrikum besteht.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

25 wobei als vorgeformte Maskenkörper (3) Kugeln aus Polystyrol verwendet werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

30 wobei die Ätzschritte mittels eines Trockenätzverfahrens durchgeführt werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,

35 wobei das Verfahren so durchgeführt wird, daß in der Oberfläche des Körpers (1) Strukturen (4) stehen bleiben, für deren Breite (b) im Verhältnis zur Ätztiefe (t) gilt:

$$0,1 < t/b < 10.$$

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
wobei das Verfahren so durchgeführt wird, daß in der Oberflä-
che des Körpers (1) Strukturen (4) stehen bleiben, für deren
5 Breite (b) im Verhältnis zur Ätztiefe (t) gilt:

$$0,25 < t/b < 5.$$

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
10 wobei unmittelbar nach Schritt c) die Reste der Maskenkörper
(3) von der Maskenschicht (2) entfernt werden.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
wobei die Ätztiefe (t) in dem Körper (1) zwischen 50 und 100
15 nm beträgt.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
wobei die Maskenschicht (2) mit einer Dicke (d) zwischen 10
und 100 nm aufgebracht wird.

20 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
wobei die Maskenkörper (3) auf der Maskenschicht (2) eine la-
terale Ausdehnung (A) zwischen 150 und 300 nm aufweisen.

25 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12,
wobei der erste Ätzschritt mittels eines Prozeßschritts er-
folgt, der die Maskenkörper (3) stärker ätzt als den Körper
(1).

30 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13,
wobei das Durchätzen der Maskenschicht (2) mittels einer An-
lage für reaktives Ionenätzen erfolgt.

15. Verfahren nach Anspruch 14,
35 wobei als Ätzgas eine Mischung aus CHF_3 und Ar verwendet
wird.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15,
wobei das Ätzen des Körpers (1) mittels einer Anlage erfolgt,
die für ein induktiv gekoppeltes Plasma geeignet ist.

- 5 17. Verfahren nach Anspruch 16,
wobei als Ätzgas eine Mischung aus CH_4 und H_2 verwendet wird.

18. Optoelektronisches Bauelement,
mit einem Halbleiterkörper, der Aluminium-Gallium-Indium-
10 Phosphit enthält und dessen Oberfläche strukturiert ist, wo-
bei für die Breite (b) der Strukturen (4) im Vergleich zur
Tiefe (t) der Strukturen (4) gilt: $0,25 < t/b < 5$.

19. Optoelektronisches Bauelement,
15 mit einem Halbleiterkörper, der Aluminium-Gallium-Indium-
Nitrid enthält und dessen Oberfläche strukturiert ist, wobei
für die Breite (b) der Strukturen (4) im Vergleich zur Tiefe
(t) der Strukturen (4) gilt: $0,25 < t/b < 5$.

FIG 1

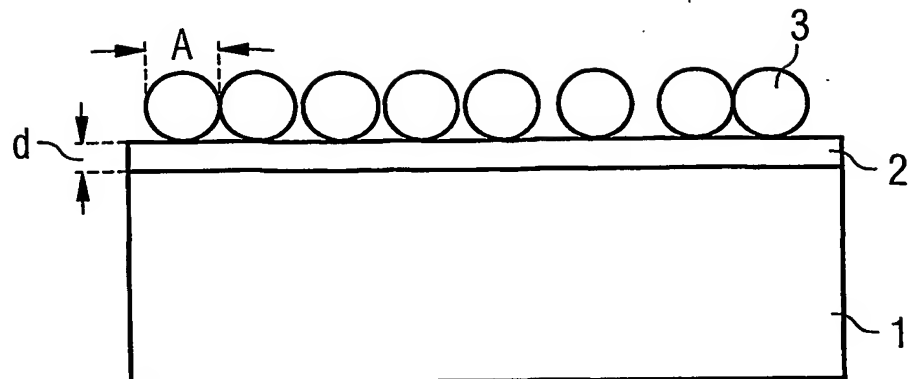


FIG 2

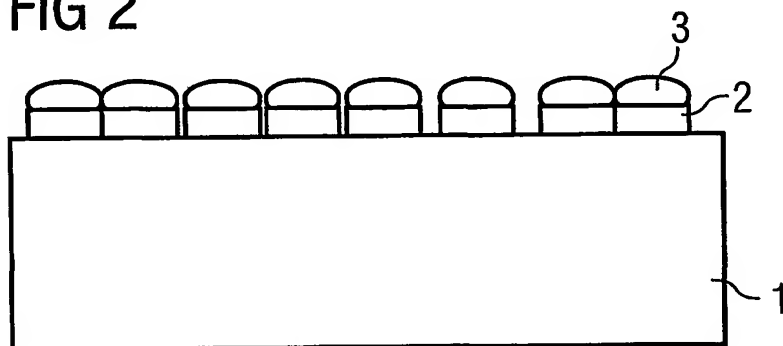
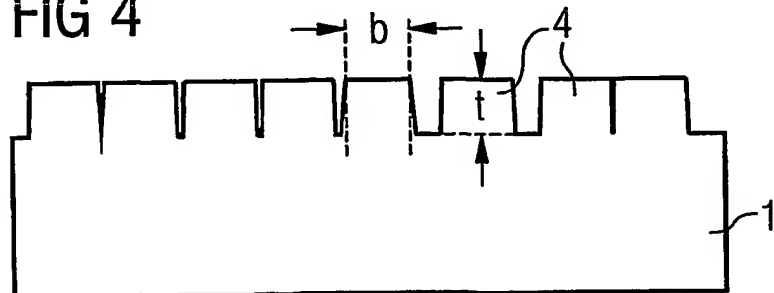


FIG 3



FIG 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PC1/DE 03/04197

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H01L33/00 G03F7/00 H01L21/311

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01L G03F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2001/014426 A1 (ALWAN JAMES J ET AL) 16 August 2001 (2001-08-16) paragraphs '0053!', '0055!', '0069!'; figures 10-13	1, 4-9, 11, 13-17
X	US 5 676 853 A (ALWAN JAMES J) 14 October 1997 (1997-10-14) column 6, line 5 - column 7, line 16; claim 12; figures 6-8	1, 4-9, 11, 12, 14-17
X	US 5 240 558 A (KAWASAKI HISAO ET AL) 31 August 1993 (1993-08-31) column 3, line 35 - line 41; figures 1-5 -/--	1, 4, 6-9, 14-17

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

Z document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

7 May 2004

Date of mailing of the international search report

17/05/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Dauw, X

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.
PCT/DE 03/04197

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	<p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2002, no. 08, 5 August 2002 (2002-08-05) -& JP 2002 100609 A (SAKAI SHIRO;NITRIDE SEMICONDUCTOR CO LTD), 5 April 2002 (2002-04-05) abstract; figures 1,2 -& EP 1 345 275 A (NITRIDE SEMICONDUCTORS CO LTD ;SAKAI SHIRO (JP)) 17 September 2003 (2003-09-17)</p>	18,19
Y	<p>STREUBEL K ET AL: "HIGH BRIGHTNESS ALGAINP LIGHT-EMITTING DIODES" IEEE JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN QUANTUM ELECTRONICS, IEEE SERVICE CENTER, US, vol. 8, no. 2, March 2002 (2002-03), pages 321-332, XP001143524 ISSN: 1077-260X the whole document</p>	18,19
A	<p>SCHNITZER I ET AL: "30% EXTERNAL QUANTUM EFFICIENCY FROM SURFACE TEXTURED, THIN-FILM LIGHT-EMITTING DIODES" APPLIED PHYSICS LETTERS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, US, vol. 63, no. 16, 18 October 1993 (1993-10-18), pages 2174-2176, XP000404433 ISSN: 0003-6951 the whole document</p>	1-19
A	<p>WINDISCH R ET AL: "40% EFFICIENT THIN-FILM SURFACE-TEXTURED LIGHT-EMITTING DIODES BY OPTIMIZATION OF NATURAL LITHOGRAPHY" IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES, IEEE INC. NEW YORK, US, vol. 47, no. 7, July 2000 (2000-07), pages 1492-1498, XP000958488 ISSN: 0018-9383 cited in the application the whole document</p>	1-19

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2001014426 A1	16-08-2001	US 6228538 B1	08-05-2001
		US 2003022076 A1	30-01-2003
		US 2002076620 A1	20-06-2002
		US 2002006557 A1	17-01-2002
		US 2002006583 A1	17-01-2002
US 5676853 A	14-10-1997	US 5871870 A	16-02-1999
US 5240558 A	31-08-1993	NONE	
JP 2002100609 A	05-04-2002	EP 1345275 A1	17-09-2003
		US 2003181057 A1	25-09-2003
		JP 3466144 B2	10-11-2003
		TW 536842 B	11-06-2003

INTERNATIONALER RESEARCHENBERICHT

Internationale Einzelzeichen

PCT/DE 03/04197

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 H01L33/00 G03F7/00 H01L21/311

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RESEARCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H01L G03F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2001/014426 A1 (ALWAN JAMES J ET AL) 16. August 2001 (2001-08-16) Absätze '0053!, '0055!, '0069!; Abbildungen 10-13	1,4-9, 11,13-17
X	US 5 676 853 A (ALWAN JAMES J) 14. Oktober 1997 (1997-10-14) Spalte 6, Zeile 5 - Spalte 7, Zeile 16; Anspruch 12; Abbildungen 6-8	1,4-9, 11,12, 14-17
X	US 5 240 558 A (KAWASAKI HISAO ET AL) 31. August 1993 (1993-08-31) Spalte 3, Zeile 35 - Zeile 41; Abbildungen 1-5	1,4,6-9, 14-17
	--- -/--	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

7. Mai 2004

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

17/05/2004

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Dauw, X

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	<p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2002, no. 08, 5. August 2002 (2002-08-05) -& JP 2002 100609 A (SAKAI SHIRO;NITRIDE SEMICONDUCTOR CO LTD), 5. April 2002 (2002-04-05) Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 -& EP 1 345 275 A (NITRIDE SEMICONDUCTORS CO LTD ;SAKAI SHIRO (JP)) 17. September 2003 (2003-09-17)</p> <p>---</p>	18,19
Y	<p>STREUBEL K ET AL: "HIGH BRIGHTNESS ALGAINP LIGHT-EMITTING DIODES" IEEE JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN QUANTUM ELECTRONICS, IEEE SERVICE CENTER, US, Bd. 8, Nr. 2, März 2002 (2002-03), Seiten 321-332, XP001143524 ISSN: 1077-260X das ganze Dokument</p> <p>---</p>	18,19
A	<p>SCHNITZER I ET AL: "30% EXTERNAL QUANTUM EFFICIENCY FROM SURFACE TEXTURED, THIN-FILM LIGHT-EMITTING DIODES" APPLIED PHYSICS LETTERS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, US, Bd. 63, Nr. 16, 18. Oktober 1993 (1993-10-18), Seiten 2174-2176, XP000404433 ISSN: 0003-6951 das ganze Dokument</p> <p>---</p>	1-19
A	<p>WINDISCH R ET AL: "40% EFFICIENT THIN-FILM SURFACE-TEXTURED LIGHT-EMITTING DIODES BY OPTIMIZATION OF NATURAL LITHOGRAPHY" IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES, IEEE INC. NEW YORK, US, Bd. 47, Nr. 7, Juli 2000 (2000-07), Seiten 1492-1498, XP000958488 ISSN: 0018-9383 in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument</p> <p>-----</p>	1-19

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2001014426 A1	16-08-2001	US 6228538 B1	08-05-2001
		US 2003022076 A1	30-01-2003
		US 2002076620 A1	20-06-2002
		US 2002006557 A1	17-01-2002
		US 2002006583 A1	17-01-2002
US 5676853 A	14-10-1997	US 5871870 A	16-02-1999
US 5240558 A	31-08-1993	KEINE	
JP 2002100609 A	05-04-2002	EP 1345275 A1	17-09-2003
		US 2003181057 A1	25-09-2003
		JP 3466144 B2	10-11-2003
		TW 536842 B	11-06-2003